

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

No. 4

(11)Publication number : 10-236897

(43)Date of publication of application : 08.09.1998

(51)Int.Cl. C30B 15/14
C30B 15/20
H01L 21/208

(21)Application number : 09-042455

(71)Applicant : SUMITOMO SITIX CORP

(22)Date of filing : 26.02.1997

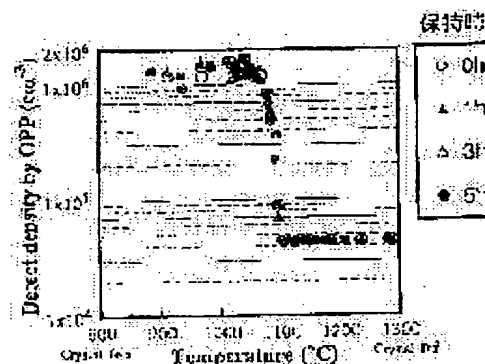
(72)Inventor : TANAKA TADAMI
NISHIKAWA HIDESHI

(54) METHOD FOR SPECIFYING DEFECT FORMING TEMP. RANGE, METHOD FOR GROWING SINGLE CRYSTAL AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for specifying a defect forming temp. range, a method for growing a single crystal by which only the defect forming temp. range can be accurately controlled and a device for growing the single crystal for practicing the method.

SOLUTION: At the point of time of reaching a prescribed length, lifting of the single crystal is stopped, the single crystal is held in this state for a prescribed time and then the single crystal is detached from a molten liquid and is taken out. Further, during the stop of lifting the single crystal, molten liquid temp. is controlled in order to keep a solid-liquid boundary state constant. In this single crystal, a sample wafer is cut out from a part held at 900 to 1300° C for a prescribed time to measure density and size of the defect at respective positions in a growing axis direction. Then, it is found that formation of the defect begins at 1100° C and ends at about 1050° C. Accordingly, defect forming temp. range is extended and time period for passing this region can be expanded by disposing a heater at a region corresponding to this temp. or dividing a heat cut-off body.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-236897

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月8日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 3 0 B 15/14

C 3 0 B 15/14

15/20

15/20

H 0 1 L 21/208

H 0 1 L 21/208

P

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-42455

(22) 出願日

平成9年(1997) 2月26日

(71) 出願人 000205351

住友シチックス株式会社

兵庫県尼崎市東浜町1番地

(72) 発明者 田中 忠美

佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地

住友シチックス株式会社内

(72) 発明者 西川 英志

佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地

住友シチックス株式会社内

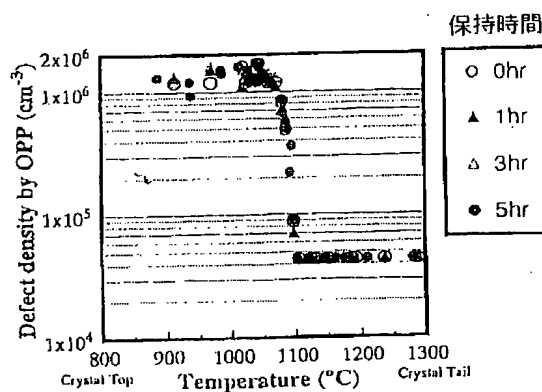
(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

(54) 【発明の名称】 欠陥形成温度範囲特定方法、単結晶成長方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 欠陥の形成温度範囲を特定する方法、並びに欠陥の形成温度領域のみを的確に制御することが可能な単結晶成長方法、及びこれを実施するための単結晶成長装置を提供すること。

【解決手段】 所定長さまで達した時点で引き上げを停止し、この状態で所定時間保持し、その後、単結晶を熔融液から切り離して取り出す。尚、引き上げ停止中は固液界面の状態を一定にするため、融液温度の制御を行う。この単結晶において、900～1300℃で所定時間保持された部位からサンプルウエハを切り出して、成長軸方向の各位置における、欠陥の密度、サイズを測定する。すると、欠陥の形成は1100℃から開始し、1050℃付近で終了していることが判る。従ってこの温度に相当する領域にヒータを配設する、又は熱遮断体を分断することにより、欠陥形成温度領域が拡大され、ここを通過する時間を拡大することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 融液からの引き上げ途中の単結晶における欠陥形成温度範囲を特定する方法であって、単結晶の直胴部を所定長形成した後、単結晶の引き上げを所定時間停止し、その後、単結晶を融液から引き離し、該単結晶の軸方向における欠陥の密度分布を測定し、該密度分布から欠陥形成開始温度及び欠陥形成終了温度を求め、この間の温度を欠陥形成温度範囲と特定することを特徴とする欠陥形成温度範囲特定方法。

【請求項2】 融液からの引き上げ途中の単結晶における欠陥形成温度範囲を特定する方法であって、単結晶の直胴部を所定長形成した後、単結晶の引き上げを所定時間停止し、その後、単結晶を融液から引き離し、該単結晶の軸方向における欠陥のサイズ分布を測定し、該サイズ分布から欠陥形成開始温度及び欠陥形成終了温度を求め、この間の温度を欠陥形成温度範囲と特定することを特徴とする欠陥形成温度範囲特定方法。

【請求項3】 融液からの引き上げ途中の単結晶における欠陥形成温度範囲を特定する方法であって、単結晶の直胴部を所定長形成した後、単結晶の引き上げを所定時間停止し、その後、単結晶を融液から引き離し、該単結晶の軸方向における欠陥の密度分布及びサイズ分布を測定し、該密度分布及びサイズ分布から欠陥形成開始温度及び欠陥形成終了温度を求め、この間の温度を欠陥形成温度範囲と特定することを特徴とする欠陥形成温度範囲特定方法。

【請求項4】 ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を熱遮断体にて遮断しながら、融液から単結晶を引き上げ成長させる方法において、予め請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて欠陥形成温度範囲を特定し、特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍の単結晶の周囲にヒータを設置することにより欠陥形成温度領域を拡大し、欠陥形成温度領域が拡大された熱履歴により単結晶を成長させることを特徴とする単結晶成長方法。

【請求項5】 ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を熱遮断体にて遮断しながら、融液から単結晶を引き上げ成長させる方法において、予め請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて欠陥形成温度範囲を特定し、特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍において分断された熱遮断体を設置することにより欠陥形成温度領域を拡大し、欠陥形成温度領域が拡大された熱履歴により単結晶を成長させることを特徴とする単結晶成長方法。

【請求項6】 単結晶原料が充填されるべきルツボと、該単結晶原料を溶融させるヒータと、溶融されたルツボ内の融液から単結晶を引き上げる手段と、ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を遮断するために単結晶の引き上げ領域の周囲に設けられた熱遮断体とを備える単結晶成長装置において、前記熱遮断体と

単結晶との間の所定位置に単結晶加熱ヒータが配設されていることを特徴とする単結晶成長装置。

【請求項7】 前記単結晶加熱ヒータは、請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍の単結晶の周囲に配設されていることを特徴とする請求項6記載の単結晶成長装置。

【請求項8】 単結晶原料が充填されるべきルツボと、該単結晶原料を溶融させるヒータと、溶融されたルツボ内の融液から単結晶を引き上げる手段と、ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を遮断するために単結晶の引き上げ領域の周囲に設けられた熱遮断体とを備える単結晶成長装置において、前記熱遮断体は単結晶成長軸方向の所定位置で分断されていることを特徴とする単結晶成長装置。

【請求項9】 前記熱遮断体は、請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍において分断されていることを特徴とする請求項8記載の単結晶成長装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば高集積半導体装置に使用されるウエハの酸化膜耐圧特性に影響を及ぼす欠陥の形成温度範囲を特定する方法、この方法を用いた単結晶成長方法及びこれを実施するための単結晶成長装置に関する。

【0002】

【従来の技術】単結晶を成長させるには種々の方法があるが、その1つにチョクラスキー法（CZ法）と呼ばれる引き上げ方法がある。図7は、従来の引き上げ方法に用いられている単結晶成長装置の模式的縦断面図であり、図中7はチャンバを示し、8はチャンバ7の上側に連設されたブルチャンバを示す。チャンバ7内にはルツボ1が配設されている。ルツボ1は、有底円筒状の石英製の内層保持容器1aとこの内層保持容器1aの外側に嵌合された同じく有底円筒状の黒鉛製の外層保持容器1bとから構成されており、所定の速度で回転する支持軸10に支持されている。ルツボ1の外側にはヒータ2が同心円筒状に配設されている。ルツボ1内にはヒータ2により溶融された原料の熔融液3が充填されており、ルツボ1の中心上方には、引き上げ棒又はワイヤ等からなる引き上げ軸4が支持軸10と同一軸心で配設されている。引き上げ軸4の先端にはシードチャック及び種結晶5が取り付けられている。単結晶6の引き上げ領域の周囲には熱遮断体9が配設されている。

【0003】単結晶6を成長させる際には、種結晶5を熔融液3の表面に接触させて、引き上げ軸4を支持軸10と同方向又は逆方向に回転させながら引き上げることに、より、熔融液3が凝固して単結晶6が成長する。引き上げ途中の単結晶6の周囲に配設された熱遮断体9は、ヒ

ータ2、ルツボ壁からの熱輻射を遮断し、単結晶6の冷却を促進する。必要とする直径の直胴部が求める長さまで育成されると、テイルを絞り、その育成された単結晶6を無転位のままで熔融液3から切り離して、単結晶6の育成を終了する。

【0004】この単結晶育成過程において形成される欠陥（熱処理前に形成された欠陥）は、酸化膜耐圧特性に影響を及ぼすことが知られており、この欠陥の形成には単結晶育成時の1100°C近辺の温度域が影響を与えていると考えられている（特開平8-91983号、特開平8-12493号）。またこの欠陥は単結晶育成時に固液界面から取り込まれた点欠陥（空孔）の集合であり（奥井ら、1996年春第43回応用物理学関係連合講演会）、八面体を基本構造とした、内部が空洞の欠陥である（北村ら、1996年春第43回応用物理学関係連合講演会）と考えられている。

【0005】この欠陥の測定方法として、①OPP（Optical Precipitate Profiler）による測定方法、②赤外トモグラフィ法、③SC-1（NH₄OH、H₂O₂、H₂Oの混合液）による繰り返し洗浄後にウェハ表面上に露出したピットをパーティクルカウンタにより測定する方法、等が知られている。

【0006】従来から酸化膜耐圧特性を向上させる方法として、欠陥の形成温度域近傍にあたる、単結晶育成時の1200～1000°Cの温度域の滞在時間を長くし、空孔を凝集させることにより、欠陥のサイズを大きくして密度を低減することが行われてきた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この欠陥の形成温度域は使用される単結晶成長装置毎に異なっており、装置に固有の欠陥の形成温度領域が特定されていないために、制御範囲が広範囲に及ぶ、即ち装置固有の欠陥形成領域以外の温度領域まで徐冷されることになり、引き上げ速度の低下による生産性が低下したり、欠陥形成温度域以外の余分な徐冷によって熱処理後に成長して顕在化する潜在核の生成を促進する、等の不具合があった。

【0008】本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであり、欠陥形成温度範囲を厳密に特定する方法、並びにこれに基づいて単結晶成長装置の結晶内温度分布を最小限の狭い範囲で最適化することにより、単結晶成長装置が持つ、固有の欠陥形成温度領域のみを的確に制御することが可能な単結晶成長方法、及びこれを実施するための単結晶成長装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】単結晶の酸化膜耐圧特性を向上させるには、単結晶育成時に形成される欠陥の密度を低減すればよい。そのためには単結晶成長装置が持つ固有の欠陥形成温度範囲を正確に把握し、単結晶の育成時に欠陥の形成温度領域の滞在時間を長くすることで欠陥を凝集させサイズを大きくして密度を低減すること

が必要である。

【0010】請求項1記載の欠陥形成温度範囲特定方法は、融液からの引き上げ途中の単結晶における欠陥形成温度範囲を特定する方法であって、単結晶の直胴部を所定長形成した後、単結晶の引き上げを所定時間停止し、その後、単結晶を融液から引き離し、該単結晶の軸方向における欠陥の密度分布を測定し、該密度分布から欠陥形成開始温度及び欠陥形成終了温度を求め、この間の温度を欠陥形成温度範囲と特定することを特徴とする。

【0011】これにより従来から知られていた欠陥の形成温度領域よりも非常に狭い領域をその装置に固有の真の欠陥形成温度領域として特定することができる。この領域の縮小により、引き上げ速度の低下、及び酸素析出物の潜在核の生成促進を回避することが可能となる。

【0012】請求項2記載の欠陥形成温度範囲特定方法は、融液からの引き上げ途中の単結晶における欠陥形成温度範囲を特定する方法であって、単結晶の直胴部を所定長形成した後、単結晶の引き上げを所定時間停止し、その後、単結晶を融液から引き離し、該単結晶の軸方向における欠陥のサイズ分布を測定し、該サイズ分布から欠陥形成開始温度及び欠陥形成終了温度を求め、この間の温度を欠陥形成温度範囲と特定することを特徴とする。

【0013】密度分布による場合よりも厳密に装置固有の欠陥形成温度範囲として特定することができる。

【0014】請求項3記載の欠陥形成温度範囲特定方法は、融液からの引き上げ途中の単結晶における欠陥形成温度範囲を特定する方法であって、単結晶の直胴部を所定長形成した後、単結晶の引き上げを所定時間停止し、その後、単結晶を融液から引き離し、該単結晶の軸方向における欠陥の密度分布及びサイズ分布を測定し、該密度分布及びサイズ分布から欠陥形成開始温度及び欠陥形成終了温度を求め、この間の温度を欠陥形成温度範囲と特定することを特徴とする。

【0015】密度分布及びサイズ分布を利用することにより、より正確に装置固有の欠陥形成温度範囲を特定することができる。

【0016】請求項4記載の単結晶成長方法は、ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を熱遮断体にて遮断しながら、融液から単結晶を引き上げ成長させる方法において、予め請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて欠陥形成温度範囲を特定し、特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍の単結晶の周囲にヒータを設置することにより欠陥形成温度領域を拡大し、欠陥形成温度領域が拡大された熱履歴により単結晶を成長させることを特徴とする。

【0017】これにより従来から知られていた欠陥形成温度範囲よりも非常に狭い範囲に相当する、装置固有の真の欠陥形成温度領域を引き上げ途中の単結晶が通過する時間が拡大され、引き上げ速度の低下、及び酸素析出

10

20

30

40

50

物の潜在核の生成促進を招来することなく、酸化膜耐圧特性を向上させる熱履歴を正確に与えることができる。

【0018】請求項5記載の単結晶成長方法は、ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を熱遮断体にて遮断しながら、融液から単結晶を引き上げ成長させる方法において、予め請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて欠陥形成温度範囲を特定し、特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍において分断された熱遮断体を設置することにより欠陥形成温度領域を拡大し、欠陥形成温度領域が拡大された熱履歴により単結晶を成長させることを特徴とする。

【0019】この場合も装置固有の真の欠陥形成温度領域が拡大されるので、引き上げ途中の単結晶が欠陥形成温度領域を通過する時間が拡大され、酸化膜耐圧特性を向上させることができる。

【0020】請求項6記載の単結晶成長装置は、単結晶原料が充填されるべきルツボと、該単結晶原料を溶解させるヒータと、溶解されたルツボ内の融液から単結晶を引き上げる手段と、ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を遮断するために単結晶の引き上げ領域の周囲に設けられた熱遮断体とを備える単結晶成長装置において、前記熱遮断体と単結晶との間の所定位置に単結晶加熱ヒータが配設されていることを特徴とする。

【0021】これにより引き上げ途中の単結晶において所定位置のみ冷却速度を低下させることができる。

【0022】請求項7記載の単結晶成長装置は、請求項6記載において、前記単結晶加熱ヒータは、請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍の単結晶の周囲に配設されていることを特徴とする。

【0023】装置固有の欠陥形成温度領域のみを拡大して、引き上げ速度の低下、及び酸素析出物の潜在核の生成促進を招来することなく、酸化膜耐圧特性を向上させる熱履歴を正確に与えることができる。

【0024】請求項8記載の単結晶成長装置は、単結晶原料が充填されるべきルツボと、該単結晶原料を溶解させるヒータと、溶解されたルツボ内の融液から単結晶を引き上げる手段と、ヒータ及びルツボ壁から引き上げ途中の単結晶へ伝わる熱を遮断するために単結晶の引き上げ領域の周囲に設けられた熱遮断体とを備える単結晶成長装置において、前記熱遮断体は単結晶成長軸方向の所定位置で分断されていることを特徴とする。

【0025】これにより引き上げ途中の単結晶において、熱遮断体が分断されている所定位置のみの冷却速度を低下させることができる。

【0026】請求項9記載の単結晶成長装置は、請求項8記載において、前記熱遮断体は、請求項1、2又は3記載の欠陥形成温度範囲特定方法にて特定された欠陥形成温度範囲に相当する領域近傍において分断されている

ことを特徴とする。

【0027】装置固有の真の欠陥形成温度領域を拡大して、酸化膜耐圧特性を向上させることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明を具体的に説明する。まず本発明に係る欠陥形成温度範囲特定方法について説明する。図7に示す如き単結晶成長装置を用いて所定径の単結晶6を成長させ、所定長さまで達した時点で引き上げを停止する。このとき引き上げ軸4、支持軸10の回転は継続させる。この状態で所定時間保持し、その後、単結晶6を融液3から切り離して取り出す。尚、引き上げ停止中は固液界面の状態を一定にするため、融液温度の制御を行う。

【0029】このようにして育成された単結晶6は、引き上げ停止時の融液3（固液界面）からの距離に応じた温度で所定時間保持されたことになる。そして引き上げ停止後、テイル絞りを行うことなく単結晶6を融液3から切り離して取り出すことにより、単結晶6中の各温度領域での欠陥の状態がそのまま維持され、結晶育成時の欠陥の挙動を把握することが可能である。また融液3から切り離した単結晶6を冷却することが望ましく、冷却を行うことで単結晶6中の各温度領域での欠陥の状態が凍結され、結晶育成時の欠陥の挙動の把握がより一層容易となる。この冷却は、自然冷却でも強制冷却であってもよい。

【0030】この単結晶6において、900～1300℃で所定時間保持された部位からサンプルウエハを切り出して、成長軸方向の各位置における、欠陥の密度、サイズを測定する。

【0031】直径6インチのSi単結晶を、引き上げ速度1.0mm/minで900mm引き上げ、夫々0、1、3、5時間保持して得られた4種類の単結晶6について、OPPにより欠陥の密度、サイズを測定した結果を図1、2に示す。図1より、今回使用した単結晶成長装置では、欠陥の形成は1100℃から開始し、1050℃付近で終了していることが判る。また図2より、引き上げ停止状態を1時間以上保持した単結晶で欠陥の形成温度範囲（1100～1070℃）のみのサイズが肥大しており、この領域で欠陥が形成されたことが判る。他の温度では欠陥の密度、サイズに変化が見られないことより、欠陥形成温度範囲は従来から考えられていた範囲よりも非常に狭いことが明らかになった。また、0時間保持（保持無し）の単結晶については欠陥形成温度領域での欠陥の肥大が見られず、欠陥形成温度範囲の特定は困難であることが判る。

【0032】本発明方法では、このようにして特定された、極めて狭い欠陥形成温度範囲（1100～1070℃）が1時間以上継続するように拮げて引き上げることとする。これにより従来の改善方法における不具合を回避することが可能である。即ち

①1200℃近傍を徐冷するために引き上げ速度の低下を招

く、②1000℃近傍の徐冷によって酸素析出物の潜在核の生成を助長する、ということが回避される。しかも欠陥密度が低下しており、酸化膜耐圧特性が向上する。

【0033】

【実施例】

実施例1. 図3は、従来の単結晶成長装置（図3(a)）と、上述の方法にて得られた結果を基にホットゾーンを最適化した本発明に係る単結晶成長装置（図3(b)）とを比較して示す模式的縦断面図（半部）である。本発明装置では、従来装置において1070℃となる単結晶6の少し上方の周囲にヒータ11を配設してある。いずれの装置においても引き上げ速度を1.0mm/minとして直径6インチのSi単結晶を育成させる。従来装置では欠陥形成温度領域（1100～1070℃）が約15mmであり単結晶6はこの領域を15分間かけて通過するが、実施例1の本発明装置では約60mmであり、1時間かけて通過する。

【0034】図4は、ホットゾーンの最適化前の装置（図3(a)）と最適化後の装置（図3(b)）とで育成した単結晶6の軸方向の酸化膜耐圧特性結果を示すグラフである。夫々得られた単結晶6の直胴部の100～800mmの位置から切り出したウエハをサンプルとした。ホットゾーンを最適化する前の酸化膜耐圧特性は約30%であるが、最適化することにより約80%まで向上していることが判る。なお引き上げ速度は変更しておらず、また酸素析出物の潜在核の数についてもほとんど変化はなかった。このように本発明では、他の特性を悪化させることなく酸化膜耐圧特性を向上させることができる。

【0035】実施例2. 図5は、従来の単結晶成長装置（図5(a)）と、得られた結果を基にホットゾーンを最適化した本発明に係る単結晶成長装置（図5(b)）とを比較して示す模式的縦断面図（半部）である。実施例2では熱遮断体9を上下2つに分割し、従来装置において単結晶6が1070℃となる位置からその少し上方にかけて隙間（約30mm）を設けてある。いずれの装置においても引き上げ速度を1.0mm/minとして直径6インチのSi単結晶を育成させる。従来装置では欠陥形成温度領域（1100～1070℃）が約15mmであり単結晶6はこの領域を15分間かけて通過するが、実施例2の本発明装置では熱遮断体9に設けられた隙間から輻射熱が単結晶6へ伝わるので、欠陥形成温度領域（1100～1070℃）が約35mmとなっており、35分間かけて通過する。

【0036】図6は、ホットゾーンの最適化前の装置（図5(a)）と最適化後の装置（図5(b)）とで育成した単結晶6の軸方向の酸化膜耐圧特性結果を示すグラフである。夫々得られた単結晶6の直胴部の100～800mmの位置から切り出したウエハをサンプルとした。ホットゾーンを最適化することにより酸化膜耐圧特性は約30%から

約65%まで向上した。実施例1の場合より酸化膜耐圧特性が低いのは、欠陥形成温度領域（1100～1070℃）が短く、この温度域に滞在する時間が比較的小さいためであると考えられる。

【0037】なお上述の例では欠陥の密度及びサイズをOPPにより測定しているが、他の方法で測定してもよい。

【0038】

【発明の効果】以上のように本発明に係る欠陥形成温度範囲特定方法は、所定長の単結晶を引き上げた後、所定時間引上げを停止し、得られた単結晶における密度分布及びサイズ分布を測定することにより、従来から知られていた欠陥の形成温度範囲よりも非常に狭い範囲をその装置に固有の真の欠陥形成温度範囲として特定することができる。本発明に係る単結晶成長方法及び装置は、このようにして特定された、従来よりも狭い欠陥形成温度領域のみを拡大するので、装置固有の真の欠陥形成温度領域を引き上げ途中の単結晶が通過する時間が拡大され、引き上げ速度の低下、及び酸素析出物の潜在核の生成促進を招来することなく、酸化膜耐圧特性を向上させる熱履歴を正確に与えることができる等、本発明は優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法を用いて育成された単結晶における欠陥の密度分布を示すグラフである。

【図2】本発明方法を用いて育成された単結晶における欠陥のサイズ分布を示すグラフである。

【図3】従来の単結晶成長装置と、実施例1に係る単結晶成長装置とを示す模式的縦断面図（半部）である。

【図4】図3に示す各装置で育成した単結晶の酸化膜耐圧特性結果を示すグラフである。

【図5】従来の単結晶成長装置と、実施例2に係る単結晶成長装置とを示す模式的縦断面図（半部）である。

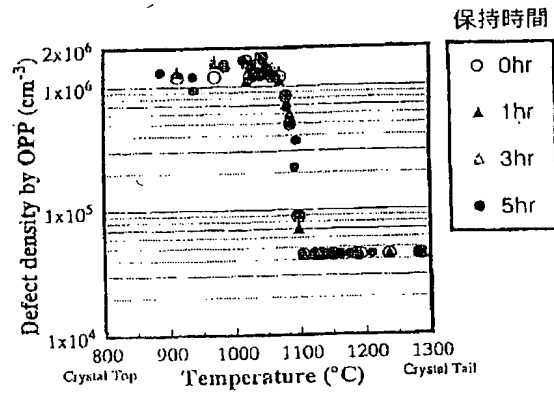
【図6】図5に示す各装置で育成した単結晶の酸化膜耐圧特性結果を示すグラフである。

【図7】従来の単結晶成長装置を示す模式的縦断面図である。

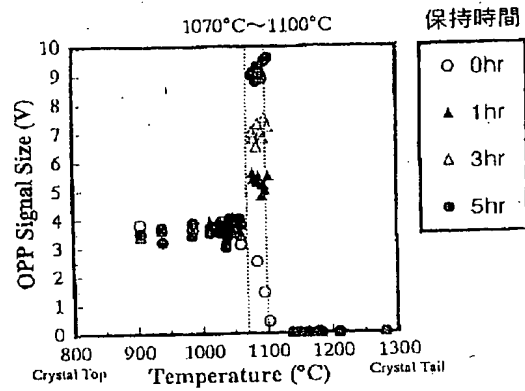
【符号の説明】

- 1 ルツボ
- 1a 内層保持容器
- 1b 外槽保持容器
- 2 ヒータ
- 3 熔融液
- 6 単結晶
- 9 熱遮断体
- 11 ヒータ

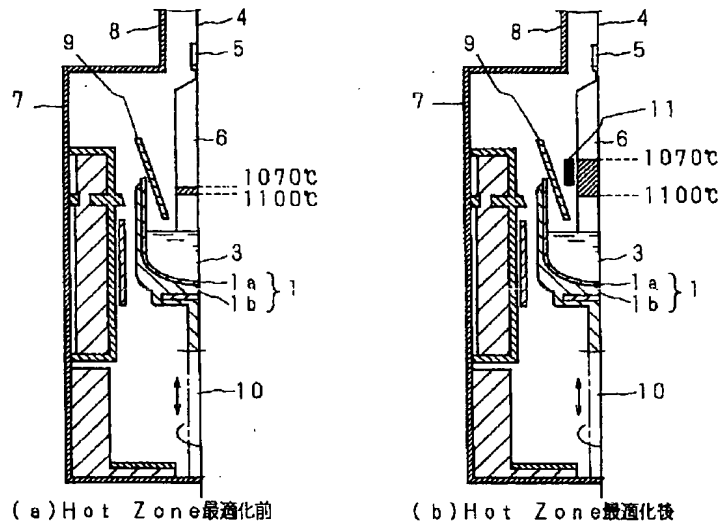
【図1】



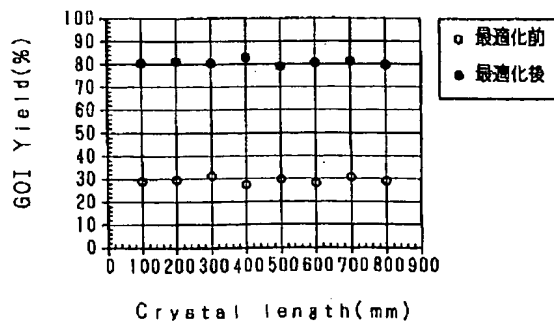
【図2】



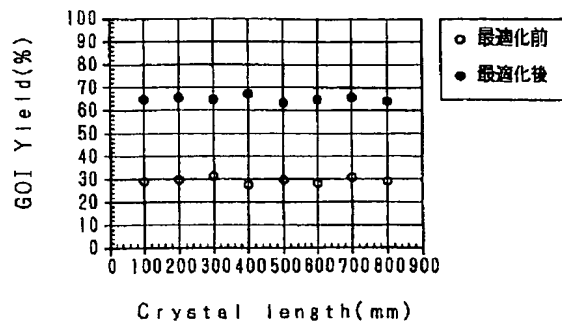
【図3】



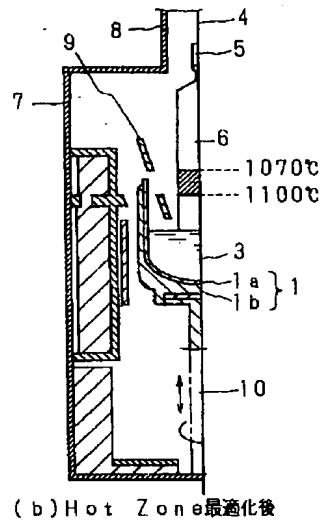
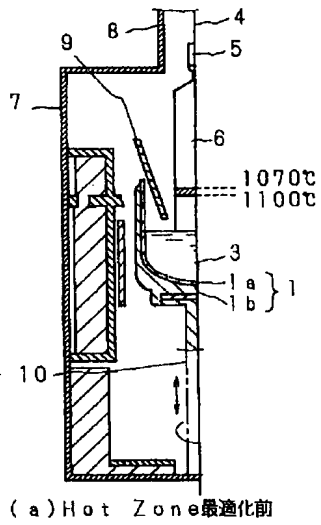
【図4】



【図6】



【図5】



【図7】

